



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ TEXTUROVACÍHO ZAŘÍZENÍ

DESIGN OF SURFACE TEXTURING EXPERIMENTAL RIG

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ADAM BOUMA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. OTAKAR ŠAMÁNEK

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Adam Bouma

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh konstrukčního řešení texturovacího zařízení

v anglickém jazyce:

Design of surface texturing experimental rig

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je konstrukční návrh části experimentálního zařízení, sloužícího k texturování povrchů zkušebních vzorků. Parametry zařízení vyplývají ze stávajícího uspořádání.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci):

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Formulaci řešeného problému a jeho technickou a vývojovou analýzu
4. Vymezení cílů práce
5. Návrh metodického přístupu k řešení
6. Návrh variant řešení a výběr optimální varianty
7. Konstrukční řešení
8. Závěr (Konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení)

Forma bakalářské práce: průvodní zpráva, technická dokumentace

Typ práce: konstrukční

Účel práce: pro V-V a tvůrčí činnost ÚK.

Seznam odborné literatury:

NÉDER, Z., VARÁDI, K. Contact behaviour of the original and substituted realsurfaces. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2001, vol. 41, s. 1935–1939.

DETERS, L. Springer Handbook of Mechanical Engineering. Part B.[s.l.]:[s.n.], Tribology, 2009, s. 295-326, ISBN 978-3-540-491.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Otakar Šamánek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 24.11.2010

L.S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Náplní bakalářské práce je návrh konstrukce upínacího přípravku indentoru a aretačního posuvu zkušební vzorku. V úvodní části jsou popsány základní techniky realizace cílené modifikace topografie na strojních površích. Druhá část se věnuje konkrétnímu konstrukčnímu návrhu části texturovacího zařízení s pevnostní kontrolou součástí, které jsou více namáhány. V závěru je celkové zhodnocení návrhu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tribologie, třecí povrchy, modifikace topografie, indentor

ABSTRACT

The aim of this thesis is mechanical indenter design, mainly two basic parts of this apparatus. The introductory section describes the basic techniques of mechanical surface texturing of engineering surfaces. The second part deals with the particular design of the device. It also describes the strength control of loaded components. The economic evaluation is given at the end.

KEYWORDS

Tribology, rubbing surfaces, surface texturing, indenter

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE MÉ PRÁCE

BOUMA, A. *Návrh konstrukčního řešení texturovacího zařízení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 36s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Otakar Šamánek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci, Návrh konstrukčního řešení texturovacího zařízení vypracoval samostatně pod odborným vedením Ing. Otakara Šamánka a za pomoci uvedené literatury

V Brně, dne 25.5.2011

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat Ing. Otakaru Šamánkovi za vedení a rady při tvorbě této práce, a dále všem, kteří mě podporovali při studiu.

OBSAH

ÚVOD	12
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	13
1.1. Paprsek energie	13
1.2. Povlakování	14
1.2.1 Termické stříkání	14
1.2.2 Fyzikální napařování (PVD)	14
1.2.3 Chemické napařování z plynné fáze (CVD)	15
1.4. Mechanické metody	15
2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA	20
2.1 Důvody úpravy texturovacího zařízení	20
2.2 Požadavky na texturovací zařízení	20
3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE	21
4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ	22
4.1 Postup řešení	22
4.2 Časový harmonogram tvorby bakalářské práce	22
5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY	23
5.1 Varianta A	23
5.2 Varianta B	23
5.3 Pevnostní kontrola	24
5.3.1 Deska bez výztuh	24
5.3.2 Deska s výztuhami	24
5.3.3 Základna posuvu	25
5.3.4 Držák pod motorem	26
6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	27
6.1 Upínací přípravek	27
6.1.1. Montážní postup upínacího přípravku	27
6.2. Aretační posuv	28
6.2.1 Montážní postup aretačního posuvu	29
7 ZÁVĚR	31
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	32
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	33
SEZNAM OBRÁZKŮ	34
SEZNAM TABULEK	35
SEZNAM PŘÍLOH	36

ÚVOD

Poškozování třecích povrchů vyvolané povrchovými nerovnostmi a jejich mazání při kontaktu konformně zakřivených těles se věnovala řada studií [1, 2]. Bylo prokázáno, že za podmínek hydrodynamického mazání je možno navýšit tloušťku mazacího filmu v kontaktní oblasti a tím lépe oddělit třecí povrchy, tj. prodloužit jejich životnost. Obdobně může textura na třecím povrchu fungovat i za podmínek elastohydrodynamického (EHD) mazání. Z tohoto důvodu se strojní součásti, ke kterým se problematicky přivádí mazivo, opatřují soustavami vtisků, které fungují jako zásobníky maziva a dodávají tak mazivo do kontaktu. Tím snižují tření a následné opotřebení třecích povrchů [3].

Modifikace topografie se dělí na dva hlavní směry: přirozenou a cílenou. Přirozená modifikace topografie vzniká dokončovacími operacemi na třecích površích nebo kontaminací maziva. Takto vzniklá povrchová struktura se ale těžko definuje dopředu. Cílená modifikace topografie představuje předem definovanou strukturu na třecích površích vedoucí k zlepšení tribologických vlastností, to je k snížení tření a opotřebení. Cílená modifikace topografie se nejčastěji realizuje paprskem energie, povlakováním a litografickými nebo mechanickými metodami. Těmito způsoby lze vytvořit přesně definovanou a snadno kontrolovatelnou strukturu povrchu strojní součásti [3].

Na studium cílené modifikace topografie lze pohlížet dvěma způsoby. První posuzuje jejich funkci jako zásobníků maziva dodávajícího mazivo do kontaktu. Druhý způsob vnímá vtisky jako potenciální koncentrátoři napětí a popisuje jejich vliv na kontaktní únavu. S přítomností nerovnosti v zatíženém kontaktu dochází k nárůstu tlaku, který může vést k celkovému poškození součásti. Projevy únavy materiálu jsou nejhorší na okraji vtisku. Pokud je hrana vtisku příliš ostrá, tlak který na ní působí vyvolá tlakovou špičku a ta vede k porušení soudržnosti materiálu [3].

Problematika vysoce zatěžovaných strojních prvků s sebou přináší důvody hledat nové materiály nebo zlepšit vlastnosti těch, které se již používají. Vzhledem k tomu, že hledání nových materiálů je cenově nákladné a s nejistým výsledkem, je rozumné uvažovat o modifikaci používaných materiálů. Z tohoto důvodu se aplikuje cílená modifikace topografie, která napomáhá ke zlepšení vlastností třecích povrchů strojních součástí.

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

V současné době existuje řada metod, kterými lze realizovat cílenou modifikaci povrchů strojních součástí. Mezi těmito metodami jsou dominantní následující tři:

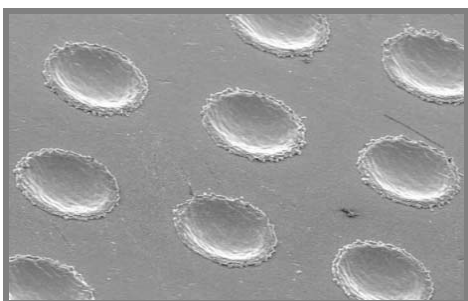
- Paprskem energie
- Povlakováním
- Mechanickými metodami

1.1. Paprsek energie

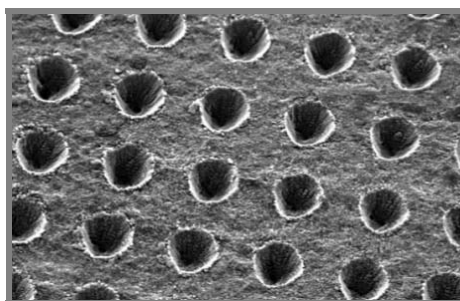
Tato metoda je nejčastěji realizována pomocí technologie LST (Laser Surface Texturing). Vyznačuje se krátkými výrobními časy, v řádu několika desítek nanosekund. Zaručuje dobře definovanou geometrii vytvářených struktur.

Teplo vznikající působením laseru je specifickým projevem LST. Materiálové změny jsou závislé na délce působení jednotlivých pulzů. Pomocí změny doby působení můžeme laserem texturovat různé druhy materiálů, jakými jsou např.: polymery, kalenou ocel a keramiku. Hloubka kráterku (mikro-vtisku), závisí na typu laseru a obvykle se pohybuje v rozmezí 5-10 μm . Typické materiálové změny pro oceli jsou [4]:

- Změna dislokací
- Změny rozložení napětí v jednotlivých místech
- Vznik různých typů karbidů
- Změna velikosti a tvaru austenitických zrn
- Vytvrzující efekt



Obr. 1.1 Laserem vytvořená textura [5]



Obr. 1.2 Laserem vytvořená textura [5]

Laser pracující na principu CO_2 je využíván na Tohoku University v Japonsku. Textura vytvářená na SiC povrchu byla podkladem ke studiu vlivu laserem vytvořené textury na přechod mezi hydrodynamickým a smíšeným mazáním. Mezi sebou byly porovnávány vzorky bez textury a s texturou ve formě mikropórů o Ø 150 μm a hloubce 8-10 μm (Obr 1.1; Obr. 1.2) [5].

Švýcarský institut aplikované fyziky Universität Bern využívá ke studiu převážně femtosekundové Nd:YAG lasery. Výzkum se zabývá zejména procesem vytváření textury. Jedna ze studií předkládá výsledek testu uspořádání koule/deska, u kterého bylo cílem zjistit optimální koeficient tření a tloušťku mazacího filmu [5].

Argon National Laboratory v USA přispěla podstatným dílem k výzkumu laserem vytvářené textury. Studován byl přechod od mezného k hydrodynamickému mazání, přičemž při testech se měřila velikost tření a elektrického kontaktního odporu

konformního kontaktu hrot/disk u kluzného pohybu jedním směrem. Experimentem se dosáhlo snížení koeficientu tření a také zvýšení tloušťky mazacího filmu v kontaktu ve srovnání s povrchy bez textury [5].

1.2. Povlakování

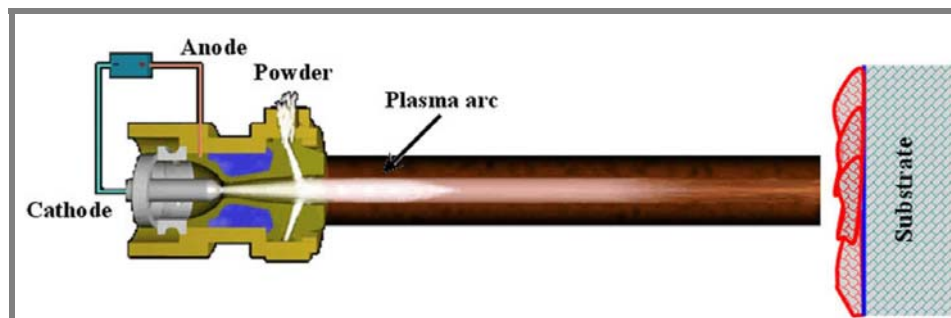
Tato metoda poskytuje tvorbu cíleně modifikovaného povrchu s dobře definovatelnou geometrií. Povlaky se nanášejí pomocí následujících metod [4]:

- Termické stříkání
- Fyzikální napařování
- Chemické napařování z plynné fáze

1.2.1 Termické stříkání

Materiál se nanese z formy drátu nebo prášku do zařízení, kde je nataven a urychlen směrem na povlakovaný materiál. Poté narazí na základní povrch, nataví jej a při následném rychlém chlazení vznikne povlak. Mezi často používané způsoby patří: vysokorychlostní nástřik, detonační nástřik, plazmatický nástřik.

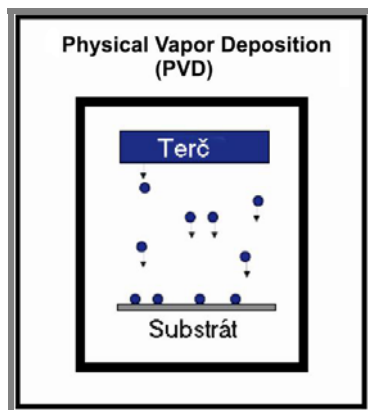
Povlaky získané vysokorychlostním nástřikem mají nízkou pórovitost a obsahují minimum geometrických poruch, díky tomu jsou využívány na místech kde je požadována odolnost proti erozi, opotřebení a oxidaci. Mají vyšší odolnost proti kontaktní únavě a vyšší lomovou houževnatost [4].



Obr. 1.3 Schéma hořáku plasmu s radiálním vstřikováním prášku [4]

1.2.2 Fyzikální napařování (PVD)

Tato metoda využívá tepelnou a kinetickou energii k nanesení povrchového filmu na strojní součást. Realizovat lze pomocí tří různých postupů: napařování, napařování a iontová implantace. Fyzikální napařování se provádí při nízkých pracovních teplotách (180-600 °C). Díky tomu se nemění kompozice povlakovaného materiálu. Před vlastním procesem povlakování je ale nutné připravit povrch, to se provádí jeho odmaštěním a čištěním. Tloušťka povlaku se pohybuje v jednotkách mikrometrů [4].

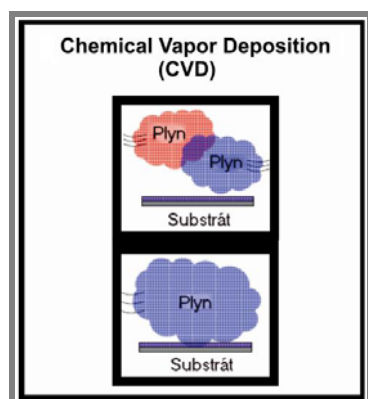


Obr. 1.4 Schéma fyzikálního napařování [4]

1.2.3 Chemické napařování z plynné fáze (CVD)

1.2.3

Metoda chemického napařování z plynné fáze v praxi představuje povlakování ve vakuu. Materiál se v plynné fázi nanáší na zahřátý povrch substrátu (900-1050 °C). Nevýhodou je teplo, které vzniká při napařování a negativně tak ovlivňuje strukturu povlakovaného materiálu. Jednou z výhod tohoto přístupu je možnost napařovat jakkoliv složité tvary [4].

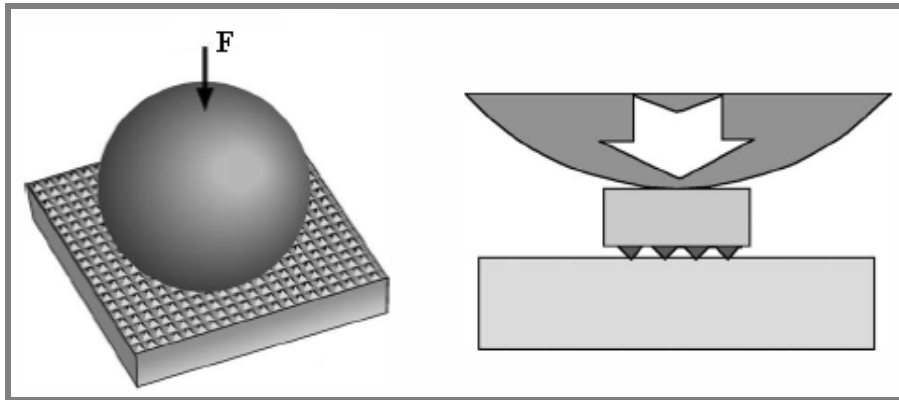


Obr. 1.5 Schéma chemického napařování [4]

1.4. Mechanické metody

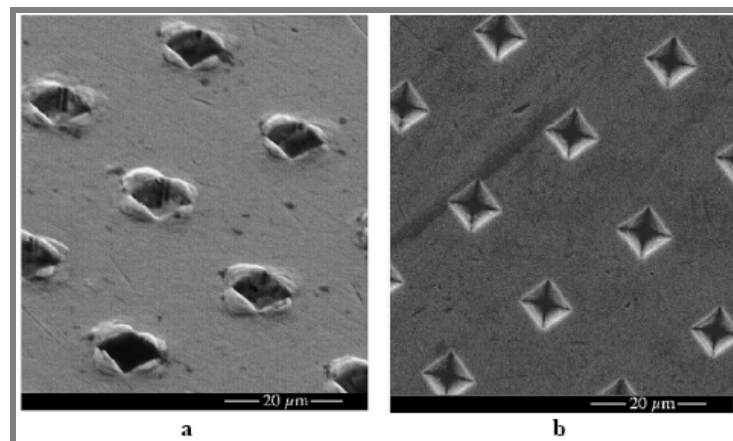
1.4

Většina mechanických metod využívá k realizaci cílené modifikaci topografie strojních prvků principu Rockwellovy zkoušky. Zkušební texturování je prováděno indentorem (vnikacím prvkem) na tělesech rovinných i zakřivených (kuličky, válečky). Princip texturování je vyobrazen na obrázku 1.6. Mechanická metoda poskytuje velmi dobře definovatelnou geometrii textury i jednotlivých vtisků. Zároveň umožňuje snadné dodržení přesnosti tvorby texturovaného povrchu za dodržení podmínky opakovatelnosti procesu [3].



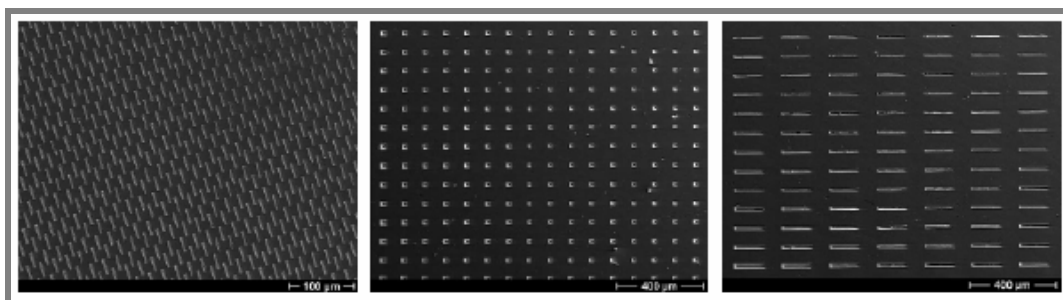
Obr. 1.6 Princip texturování kuličky a desky [3]

Při vlastní realizaci modifikace dochází, v důsledku působení indentoru na povrch zkušebních těles, k vytažení materiálu směrem k okraji vtisků. V některých případech se před samotnými testy modifikovaných povrchů provádí jejich leštění, aby došlo k odstranění tohoto přebytečného materiálu. A to zejména v případech, kdy je tento vytačený materiál větší než je drsnost povrchu. Vzhledem k tomu, že jakákoli přítomnost nerovnosti na třecím povrchu může způsobovat koncentraci napětí, umožňuje leštění odstranit efekt přetečeného (zbytkového) materiálu a zaměřit se během testů pouze na vliv samotné textury. Na obrázku 1.7 je detail povrchu před a po leštění.



Obr. 1.7 Detail povrchu a) přes leštění b) po leštění

Geometrie vzniklých struktur závisí na jejich následném využití a na použitém typu indentoru, popřípadě matrice. Různé typy textur jsou vyobrazeny na obrázku 1.8.



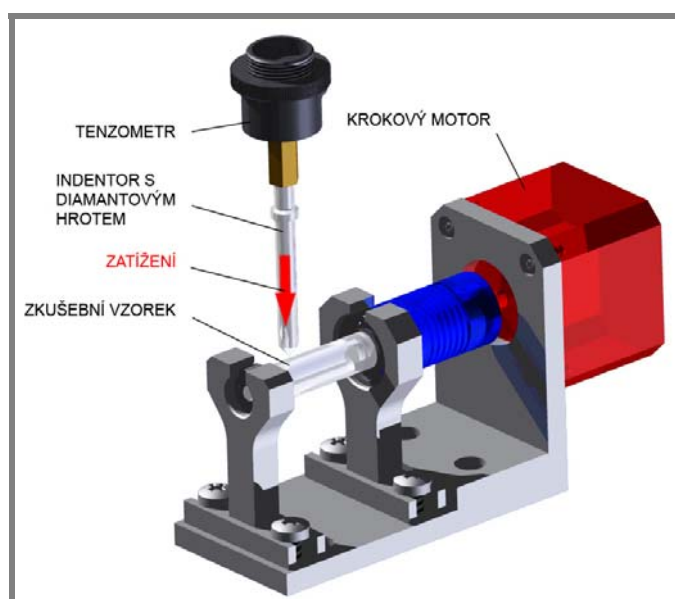
Obr. 1.8 Příklady textur na rovnoběžných zkušebních vzorcích [3]

Cílem většiny experimentů je co nejvíce se přiblížit podmínkám v reálném provozu. Pozornost je věnována především ložiskovým ocelím za podmínek částečného EHD nebo hydrodynamického mazání. Vývojová zařízení pro testování vzorků na kontaktní únavu jsou pak upravena, popřípadě vyvinuta, pro účely konkrétních experimentů [3].

1.4.1 Metoda používaná v tribologické laboratoři

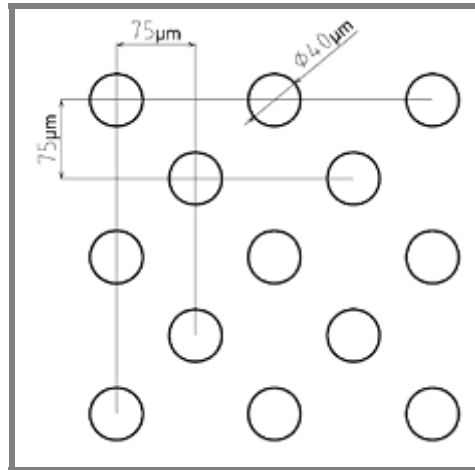
1.4.1

Zařízení používané v tribologické laboratoři na Ústavu Konstruování (ÚK) Vysokého učení technického (VUT) Fakulty strojního inženýrství (FSI) v Brně pracuje na principu Rockwellovy zkoušky. K texturování využívá indentor s diamantovým hrotem s poloměrem zaoblení 0,2 mm. Pomocí něj se vyrábí vtisky do zkušebních vzorků. Princip metody je vyobrazen na obrázku 1.9. Zkušební vzorek je upevněn v upínači na motorizovaném lineárním posuvu, pomocí něž je možné měnit polohu vzorku pod indentorem. Velikost a hloubka textury závisí na přítlačné síle, kterou indentor působí na zkušební vzorek. Vysoký vliv na modifikovaný povrch v kontaktu mají také provozní podmínky a materiál, z něhož je vzorek vyroben. Zkušebními vzorky jsou hřídel o průměru 9,6 mm z oceli AISI 52100 (ČSN 14 109) se střední aritmetickou úchylkou profilu Ra 0,1 μm a kulička z oceli AISI 52100 o průměru 2,54 mm.



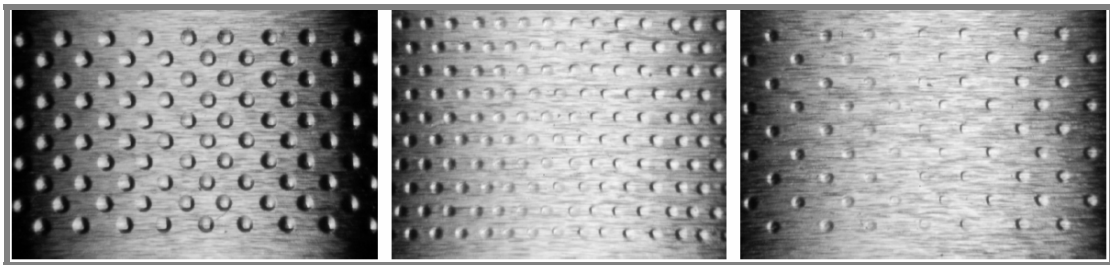
Obr. 1.9 Princip tvorby mikrostruktur v laboratoři na UK [3]

Geometrie struktur vytvářených na zkušebních vzorcích se liší svými rozměry a hloubkou vtisků. Základní koncept, který sloužil jako etalon pro pozdější realizace, měl rozměry 75 μm mezi sloupci a řádky jak je vidět na obrázku 1.10. Průměr vtisků závisí na velikosti zátěžné síly, pro původní koncept byl stanoven na 40 μm . Během dalších realizací došlo k jeho změnám, přičemž se pohyboval v rozmezí 35 až 65 μm .



Obr. 1.10 Koncept struktury vtisků [3]

Realizované struktury na zkušebních vzorcích jsou vyobrazeny na obrázku 1.11. Všechny textury vycházejí ze základního konceptu, liší se pouze geometrií jednotlivých vtisků a hustotou jejich rozmístění.

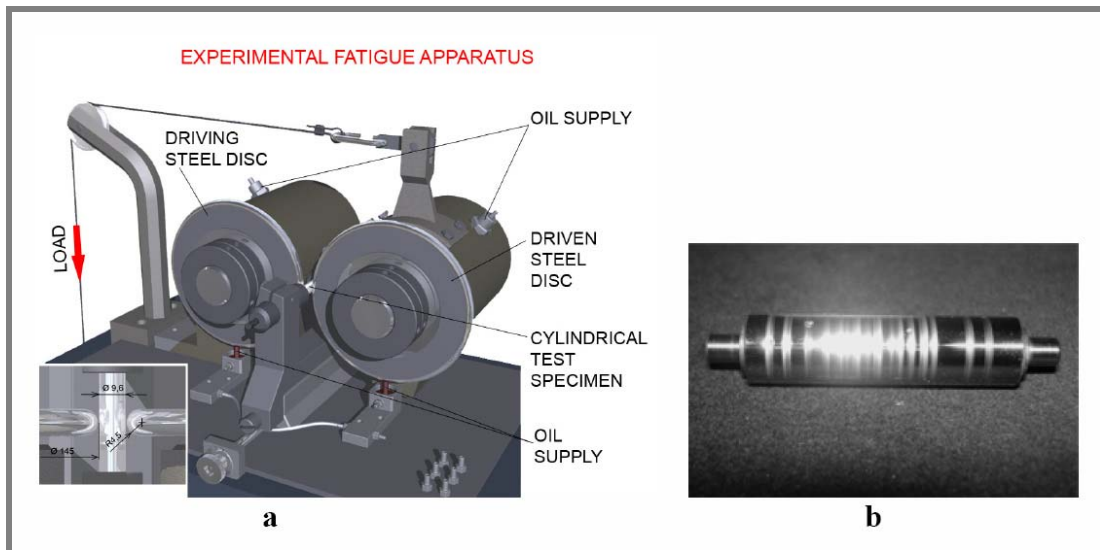


Obr. 1.11 Příklady textur na zakřivených zkušebních vzorcích [3]

Pro posouzení vlivu cílené modifikace na projevy poškozování kontaktní únavou, jsou vzorky dále podrobovány únavovým zkouškám pomocí simulátoru R-Mat2 sestaveného ze dvou disků (jeden je poháněný elektromotorem a druhý hnaný) viz obr. 1.12. Tento simulátor ověřuje chování cílené modifikace topografie za reálných podmínek vyskytujících se v tribologických soustavách. Vzorek je v simulátoru umístěn mezi rotujícími disky a zatěžován přítláčnou silou. Disky jsou mazány a svým pohybem přenášejí mazivo do celé soustavy [3].

Simulátor R-Mat2 je schopen měřit za podmínek smíšeného (částečného EHD) mazání. V průběhu celého experimentu jsou u zkušebních vzorků monitorovány vibrace, jejichž pomocí je sledován výskyt poškození na třecím povrchu. Jakmile dojde k výskytu poškození povrchu (pitting), měření je automaticky ukončeno [3].

Na vzorcích je následně vyhodnocena míra poškození povrchu v kontaktní oblasti a počet cyklů do porušení.



Obr. 1.12 a) Experimentální zařízení R-Mat2 b) zkušební vzorek [3]

Způsob realizace cílené modifikace topografie na ÚK VUT FSI v Brně poskytuje velmi dobře definovatelnou strukturu na třecích površích vzorků s možností snadné změny geometrie textur při dodržení podmínky přesnosti a opakovatelnosti. Je tedy možné aplikovat textury na různé povrchy strojních částí (zejména na hřídele a kuličky). Na tento typ zkušebních vzorků je také dané zařízení konstruováno. Využití krokových motorů a motorizovaného lineárního posuvu zároveň umožňuje plně automatizovaný provoz texturování.

2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

2.1 Důvody úpravy texturovacího zařízení

Vlastní změny stávajícího texturovacího zařízení vyplývají z velké časové náročnosti na tvorbu textur na zkušebních vzorcích. Vyražení jednoho vtisku trvá přibližně 20s, přičemž v jedné měřicí řadě je 401 vtisků a 15 řad v kontaktní stopě. Z toho vyplývá, že časové nároky, kladené na tvorbu textury v jedné kontaktní stopě činí zhruba 33 hodin. To je příliš dlouhý časový úsek a proces je tedy v tomto směru nedostačující. Náročnost geometrie textury má za následek plné zatížení krokového motoru, ovládajícího indenter. Tím dochází k jeho přehřívání a dalšímu omezení (časovým prodlevám) ve vytváření textur.

Texturovací zařízení zároveň neumožňuje komplexní vyražení vtisků na různé typy zkušebních vzorků. Dosavadní způsob je takový, že se změnou vzorku (hřídel/kulička) je nutno přestavět a částečně upravit celé zařízení. To je poměrně komplikované a časově neúspěšné.

Aby se tyto nedostatky odstranily a dosáhlo se kratšího časového úseku na vytvoření textury za možnosti snadné výměny zkušebních vzorků, došlo k úpravě celého zařízení.

2.2 Požadavky na texturovací zařízení

- Cenová dostupnost
- Snadná montáž a demontáž
- Minimální požadavky na údržbu
- Možnost manipulace se zařízením
- Jednodušší manipulace se vzorky
- Rychlejší realizace textury

3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

Hlavním cílem této práce je konstrukční návrh texturovacího zařízení pro laboratorní účely, které bude využíváno na Ústavu Konstruování VUT FSI v Brně. Zařízení bude koncipováno jako samostatná přenosná jednotka, umožňující implementaci dalších modulů, popřípadě částí.

Požadavky na konstrukci musejí splňovat následující podmínky. Jednoduchá manipulace, která je zajištěna minimální hmotností jednotlivých dílů. Tvarová jednoduchost, tzn. navržení tvarově jednoduchých dílů, pro snadnou montáž a demontáž. Zajištění jednoduché údržby celého zařízení, nejlépe dosažení bezúdržbového provozu.

4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

4.1 Postup řešení

Postup řešení v chronologických bodech:

- Shromáždění potřebných technických podkladů
- Současný stav poznání
- Konstrukční návrh variant
- Výběr optimální varianty
- Výběr ostatních komponent
- Vymodelování 3D modelů v Inventoru
- Zhotovení výkresové dokumentace

4.2 Časový harmonogram tvorby bakalářské práce

Časový harmonogram (tab. 4-1) ukazuje časový sled tvorby jednotlivých částí bakalářské práce.

Tab. 4.1 Časový harmonogram

	11	12	1	2	3	4	5
Seznámení se s problematikou	■	■					
Současný stav poznání		■	■	■			
Formulace problematiky			■	■			
Návrh metody řešení			■	■			
Návrh variant řešení				■			
Tvorba textové části	■	■	■	■	■	■	■
3D modely				■	■		
Výkresová dokumentace					■	■	■
Závěr							■

5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

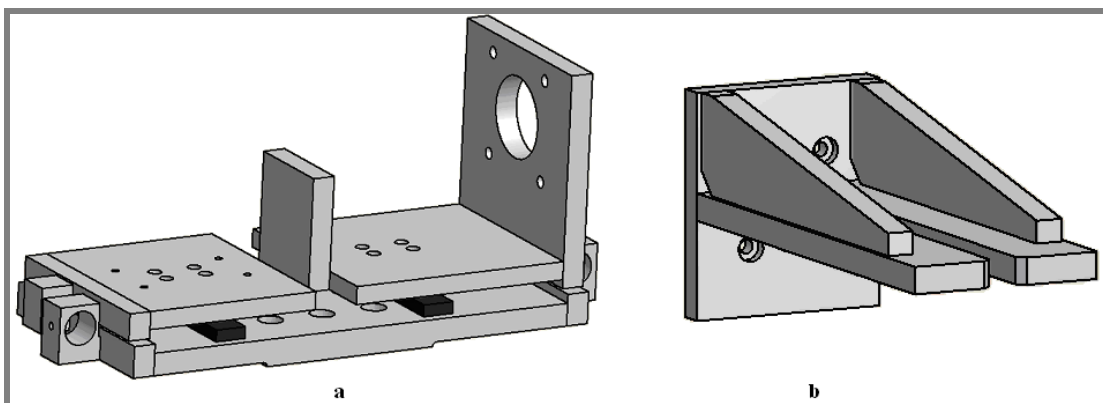
5

V této kapitole jsou popsány návrhy konstrukčního řešení úpravy zkušebního zařízení a zvolena nejlepší varianta vzhledem k zadání bakalářské práce, ekonomickému aspektu a funkčnosti. U některých prvků vybrané varianty je provedena pevnostní kontrola.

5.1 Varianta A

5.1

Tato varianta je vyobrazena na obrázku 5.1, kde na obr 5.1.a ukazuje model aretačního posuvu a obrázek 5.1.b model uchycení indentoru nad aretačním posuvem. Použita je možnost nerozebíratelného spojení svařením. Tato varianta splňuje většinu požadavků na konstrukci a funkci. Jediný, který nesplňuje, je rozebíratelnost.

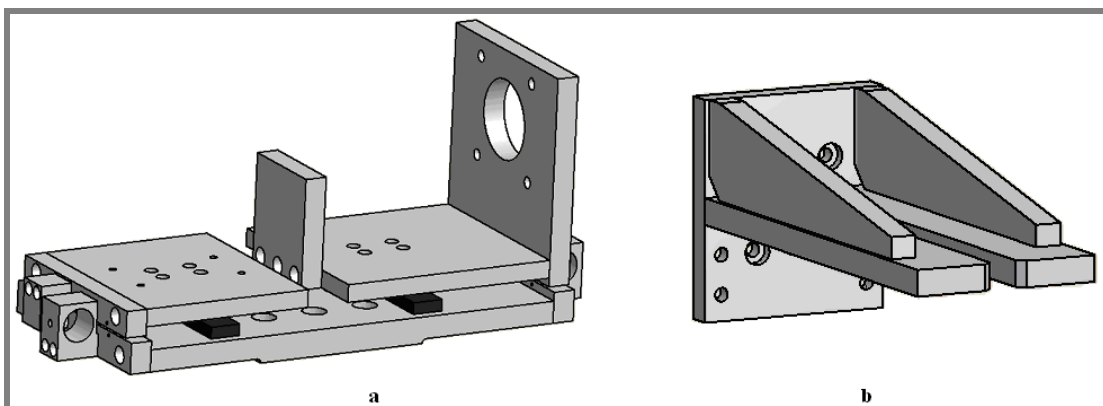


Obr. 5.1 Návrh varianty A

5.2 Varianta B

5.2

Tato varianta vychází z modelů varianty A. Rozdíl je v tom že tato varianta řeší její nedostatky. Jednotlivé díly jsou vzájemně spojeny rozebíratelně, tj. pomocí šroubů. Tímto jsou splněny všechny podmínky ze zadání konstrukčního řešení.



Obr. 5.2 Návrh varianty B








5.3 Pevnostní kontrola

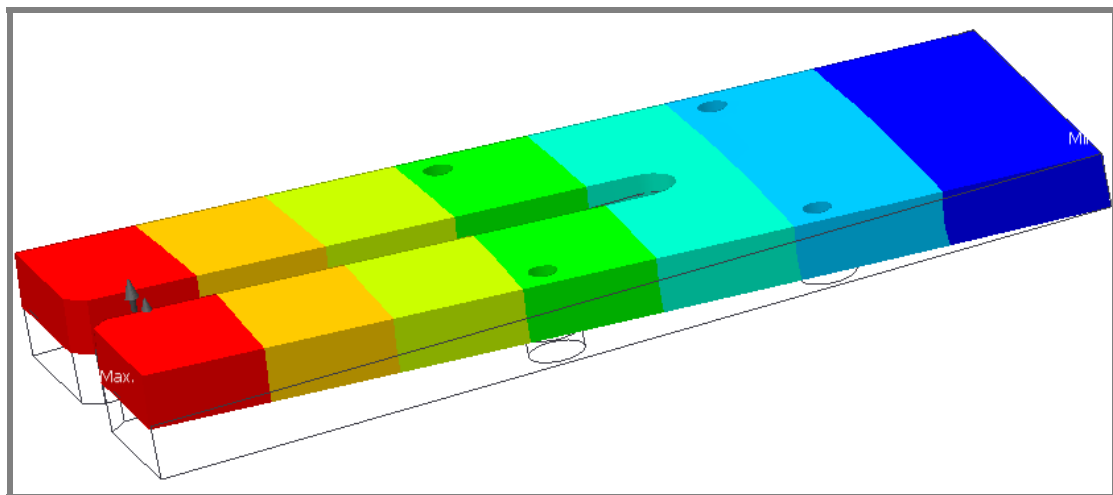
Pevnostní kontrolu je třeba provést jen pro některé součásti. Přímou namáhaná je deska, základna posuvu a držák pod motorem. Tyto tři součásti jsou níže rozebrány podrobněji.

5.3.1 Deska bez výztuh

Jako zatížení byly použity dvě síly o velikosti 150N což dostatečně pokrývá možné zatížení v reálném provozu, které je do 200N. Na obrázku 5.3 je vidět průběh deformace rozdělený dle barev. Numerické hodnoty pro jednotlivé barvy jsou vypsány v tabulce 5.1. Z těchto výsledků je vidět že bez výztuh by byl průhyb o 1mm. Šrouby připevňující desku k základně, by byly v tomto sestavení velmi namáhané.

Tab. 5.1 Numerické hodnoty deformace bez výztuh

Barvy	[mm]
	1,0447
	0,8954
	0,7461
	0,5969
	0,4477
	0,2984
	0,1492










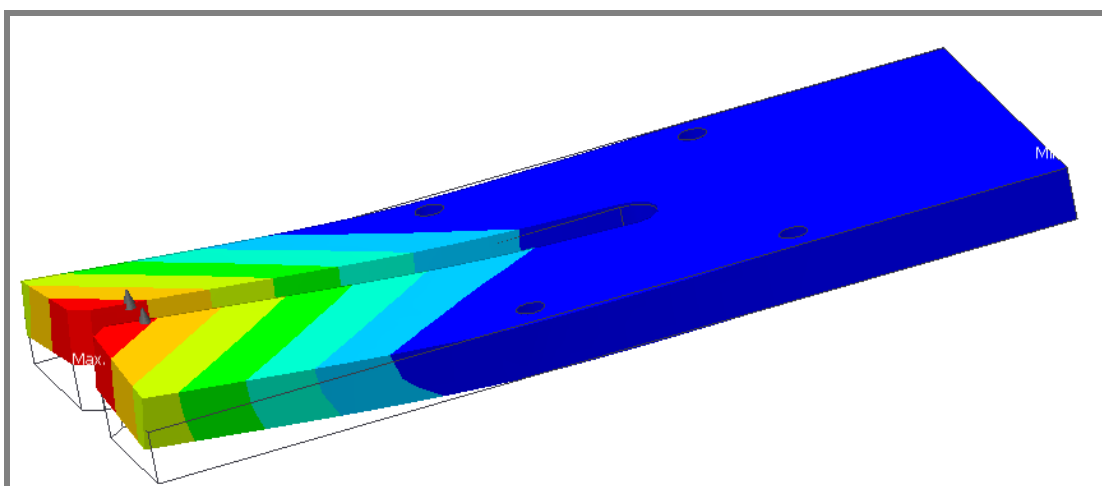
Obr. 5.3 Deska bez výztuh

5.3.2 Deska s výztuhami

Deska s výztuhami byla zatížena dvěma silami o velikosti 150N. Toto zatížení plně reflektuje zatížení v reálném provozu (do 200N). Na obrázku 5.4 je vidět průběh deformace, numerické hodnoty jsou vypsány v tabulce 5.2. Z těchto výsledků je patrné, že pomocí výztuh je výsledný průhyb do 0,02mm. Tento průhyb je přijatelný pro požadovanou přesnost indentoru.

Tab. 5.2 Numerické hodnoty deformace desky s výztuhami

Barvy	[mm]
	0,01940
	0,01663
	0,01385
	0,01108
	0,00831
	0,00554
	0,00277










Obr. 5.4 Deska s výztuhami

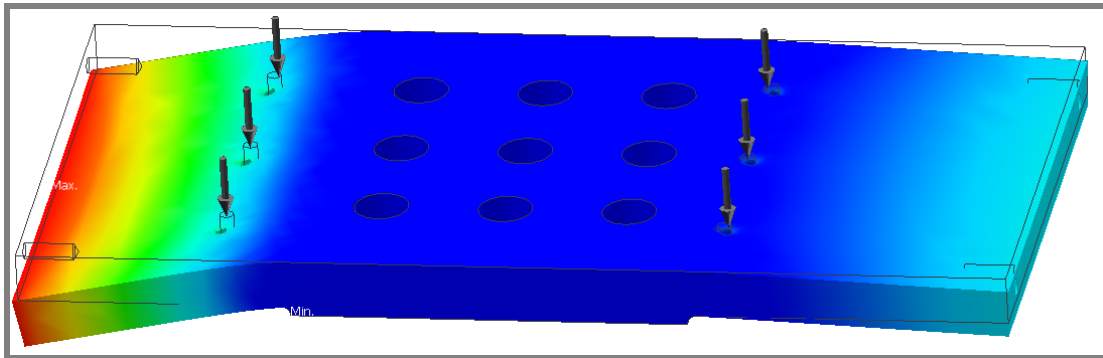
5.3.3 Základna posuvu

5.3.3

Základna posuvu byla zatížena třemi silami o velikosti 150N na každé straně v místě připevnění lineárního posuvu. Zatížení je dostatečné pro reálný provoz i s váhou součástí, kterou základna posuvu ponese. Na obrázku 5.5 je vidět průběh deformace včetně numerických hodnot (Tabulka 5.3). Z těchto výsledků je vidět, že větší průhyb je na straně válečku. Což je i díky tomu že lineární posuv na straně kuličky je blíž u středu součásti. I přesto je maximální průhyb do 0,5 μ m, takže jej můžeme v podstatě zanedbat.

Tab. 5.3 Numerické hodnoty deformace základny posuvu

Barvy	[μ m]
	0,43599
	0,38264
	0,31142
	0,24913
	0,18685
	0,12457
	0,06228





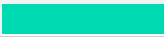




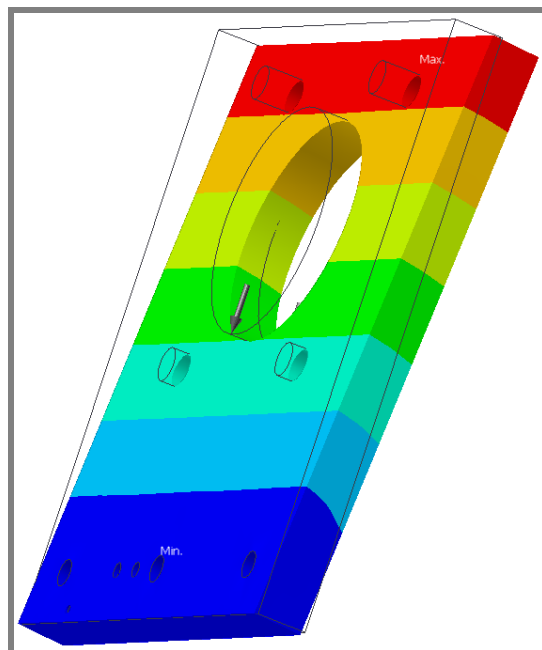
Obr. 5.5 Základna posuvu

5.3.4 Držák pod motorem

Držák pod motorem byl zatížen párem sil o velikosti 150N. Průběh deformace je zobrazen na obrázku 5.6. Odpovídající numerické hodnoty jsou vypsány v tabulce 5.4 Z těchto výsledků lze vidět, že maximální ohyb součásti je $7\mu\text{m}$ v horní části. Tuto deformaci si můžeme dovést zanedbat, protože na přesnost metody a procesu tvorby vytváření textury nebude mít žádný vliv.

Tab. 5.4 Numerické hodnoty deformace držáku pod motorem

Barvy	[μm]
	7,1308
	6,1121
	5,0934
	4,0747
	3,0561
	2,0374
	1,0187



Obr. 5.6 Držák pod motorem

6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

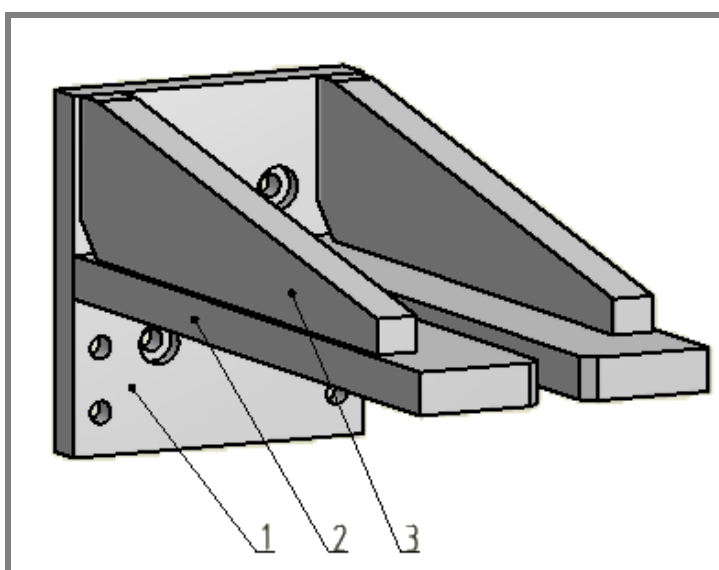
6

6.1 Upínací přípravek

6.1

Upínací přípravek (obr 6.1) je vytvořen z pásové oceli tloušťky 6 mm. Slouží k připevnění indentoru na lineární modul KK40-150A1-F2 s kolejnicovým vedením a kuličkovým šroubem.

Upínací přípravek se přišroubuje základnou 1 na lineární modul. Do drážky v desce 2 se připevní indentor. Výztuhy 3 jsou od sebe vzdáleny tak, aby se indentor dal upevnit křídlovou maticí. Tím je zajištěna snadná výměna indentoru a zároveň snadná výměna jednotlivých dílů přípravku. Rozebíratelnost přípravku je zajištěna použitím šroubových spojení typu B.



Obr. 6.1 Upínací přípravek

Tab. 6.1 Pozice upínacího přípravku

1	Základna
2	Deska
3	Výztuha

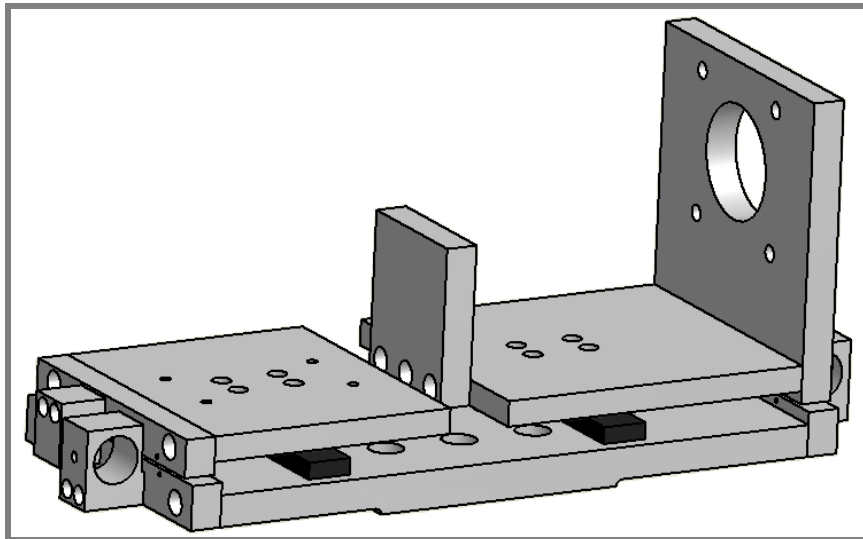
6.1.1. Montážní postup upínacího přípravku

6.1.1

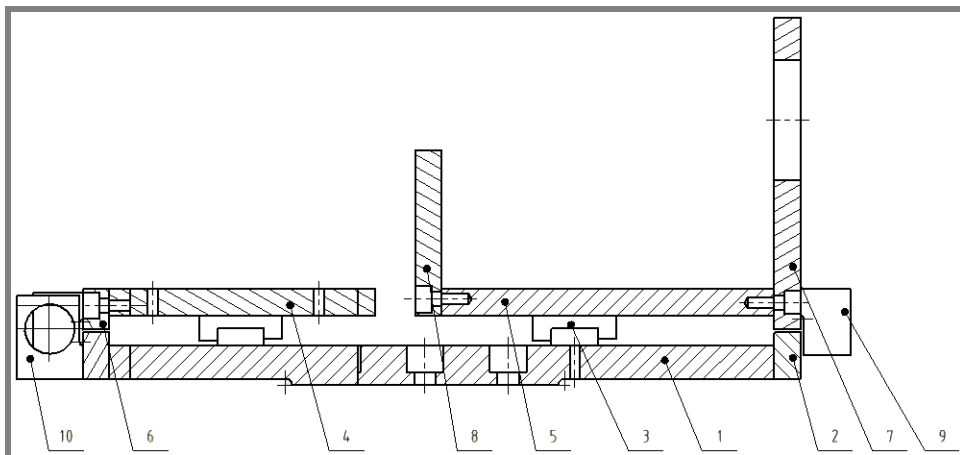
Základna, pozice 1, je tvaru obdélníku tloušťky 6 mm. Pomocí šroubů M3 se připevní k lineárnímu modulu. Další díry slouží k upevnění výztuh a desky (pomocí šroubů M3). Nevyužití díry v dolní části základny slouží k připojení výztuh. Jde o symetrické díry na dvojstranné využití základny. Do drážky v desce se upevní indentor pomocí křídlové matice. Závitovou dírou se deska připevní k základně. Dalšími dírami se šrouby M3 připevní výztuhy. Výztuha slouží k rozložení napětí, aby se deska nevylomila ze základny nebo nedošlo k přestřižení šroubů. Výztuhu přišroubuje pomocí šroubů M3 do závitových děr do základny i do desky.

6.2. Aretační posuv

Sestava aretačního posuvu (obr 6.2) bude sloužit k uchycení zkušebních vzorků a k nastavení jejich polohy vzhledem k indentoru. Umožňuje tedy přímou změnu typu zkušební vzorku bez ohledu na rozebírání (sestavování) zařízení.



Obr. 6.2 Aretační posuv



Obr. 6.3 Aretační posuv

Tab. 6.2 Pozice aretačního posuvu

1	Základna posuvu
2	Příruba posuvu
3	Kolejnicové vedení
4	Posuv pod válečkem
5	Posuv pod kuličkou
6	Příruba válečku
7	Držák pod motorem
8	Držák pod kuličkou
9	Kostka – odpich
10	Kostka – mikrometr

6.2.1 Montážní postup aretačního posuvu

Pozice 1, základna posuvu, je hlavním prvkem celé sestavy. V rozšířené části se upevní devíti šrouby do lineárního posuvu SGSP26 Series Linear Stages. Ve zbývajících částech je materiál ubrán o 2mm, aby byl v krajních polohách posuvu zajištěn přesah nad okrajem i v případě průhybu. Z horní části se upevní kolejnicové vedení Matis MGW7C (pozice 3) třemi šrouby. Z obou stran se do ní přišroubují symetrické příruby posuvu (pozice 2) třemi šrouby. Tato součást je zde aby základna posuvu mohla být z tenčího materiálu a při výrobě se nemuselo odfrézovat tolik materiálu. K ní se pomocí dvou šroubů upevní kostka (pozice 10), která slouží k upevnění mikrometru. Je pevně připevněna k základně posuvu, čímž se zajistí, že při neočekávaném nárazu do zařízení nedojde k vychýlení zkušebního tělesa z polohy pod indentorem.

Pozice 4, posuv pod válečkem se přišroubovává ke kolejnicovému vedení (pozice 3) čtyřmi šrouby. Z boku je do něj připevněna příruba válečku (pozice 6). Z vnitřní strany se šroubem upne pružina zajišťující zpětný pohyb aretačního posuvu. Díky přírubě válečku (pozice 6) může být deska posuvu z tenčího materiálu a přesto je zajištěn přesah potřebný k přišroubování kostky (pozice 9), která slouží k odpichu mikrometru. Kostka je připevněna k přírubě válečku na jedné straně a držáku pod motorem na straně druhé.

Pozice 5, posuv pod kuličkou se přišroubovává ke kolejnicovému vedení (pozice 3). Z jedné strany se do něj přišroubuje držák pod motorem (pozice 7). Z druhé strany se přišroubuje držák pod kuličkou (pozice 8). Držák s pozicí 7 slouží k přichycení zařízení držícího kuličku a motor. Upínač na kuličku se prostrčí dírou Ø36 a přišroubuje čtyřmi šrouby. Dostatečná tuhost desky je zajištěna tloušťkou materiálu. Z vnější strany je upevněná kostka na odpich mikrometru. Z vnitřní strany je šroubem uchycena pružina, která zajišťuje zpětný pohyb aretačního posuvu. Držák s pozicí 8 slouží jako podpora, o kterou se může podepřít upínač kuličky. Dostatečná tuhost je zajištěna tloušťkou desky. Držák se připevní třemi šrouby do posuvu pod kuličkou.

Kolejnicové vedení bude zakoupeno od firmy Matis s.r.o. Jde o typ miniaturního kolejnicového vedení, širokého provedení s označením MGW7C (Obr 6.4). Tento lineární posuv má dostatečnou únosnost i přípustné zatížení momentem je dostatečné.



Obr. 6.4 Miniaturní kolejnicové vedení HIWIN MGW7C



Obr. 6.5 Sestava aretačního posuvu a upínacího přípravku

Obrázek 6.5 ukazuje sestavení *aretačního posuvu a upínacího přípravku* v texturovacím zařízení. Aretační posuv je upevněn na motorizovaný lineární posuv Optosigma SGSP26. Lineární modul KK je uchycen ke stěně (bočnici) celého zařízení. Na obrázku jsou černou barvou znázorněny všechny členy, které ovládají pohyb indentoru a vzorků.

7 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout dílčí podsestavy texturovacího zařízení, tak aby byly dodrženy požadované parametry. Především šlo o urychlení procesu tvorby textur na třecích površích zkušebních vzorků a k možnosti upínání různých typů vzorků (kulička, hřídel).

Navrženy byly upínací přípravek na indentor a aretační posuv pro vzorky k texturování. Upínací přípravek odpovídá potřebným požadavkům jednoduché rozebíratelné konstrukce pro bezúdržbový provoz. Aretační posuv splňuje parametry stejné jako upínací přípravek a současně jeho parametry vyhovují rozměrově sestavám, do kterých se připojuje. Tím je zajištěné, že po sestavení bude celé zařízení fungovat, aniž by došlo ke kolizi jednotlivých částí. Vzhledem k tomu, že se jedná o specifické zařízení, určené pro účely konkrétních experimentů, předpokládá se kusová výroba jednotlivých dílů.

Bakalářská práce se skládá ze dvou částí. První je průvodní zpráva, která obsahuje současný stav poznání, konstrukční návrh a jeho řešení. Druhá část obsahuje kompletní výkresovou dokumentaci.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] CUSANO, C. - WEDEVEN, L.D.: The effects of artificially produce on the film thickness distributio *Journal of Tribology*, 1982, vol. 104, s. 365-375.
- [2] WEDEVEN, L.D.: Influence of debris dent on EHD lubrication *Transactions*, 1977, vol. 21, s. 41-52.
- [3] ŠAMÁNEK, Otakar. *Snížení tření a opotřebení strojních částí cílenou modifikací třecích povrchů*. Brno, 2009. 37 s. Pojednání ke státní doktorské zkoušce. Vysoké učení technické.
- [4] FOJTÍK, Jakub. *Metody zlepšování vlastností třecích povrchů*. Brno, 2009. 42 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické.
- [5] POKORNÁ, Jana. *Cílené modifikace topografie třecích povrchů snižující tření a opotřebení*. Brno, 2007. 25 s. Bakalářská práce. VUT. CILENA MODIFIKACE
- [6] BITTNER, Jan. *Metody povlakování řezných nástrojů*. Brno, 2009. 42 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

<i>CVD</i>	- Chemické napařování z plynné fáze (metoda povlakování)
<i>EHD</i>	- Elastohydrodynamické mazání
<i>FSI</i>	- Fakulta strojního inženýrství
<i>LST</i>	- Laser Surface Texturing
<i>PVD</i>	- Fyzikální napařování (metoda povlakování)
<i>ÚK</i>	- Ústav konstruování
<i>VUT</i>	- Vysoké učení technické

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Laserem vytvořená textura [5]	13
Obr. 1.2 Laserem vytvořená textura [5]	13
Obr. 1.3 Schéma hořáku plasmy s radiálním vstřikováním prášku [4]	14
Obr. 1.4 Schéma fyzikálního napařování [4]	15
Obr. 1.5 Schéma chemického napařování [4]	15
Obr. 1.6 Princip texturování kuličky a desky [3]	16
Obr. 1.7 Detail povrchu a) přes leštění b) po leštění	16
Obr. 1.8 Příklady textur na rovnoběžných zkušebních vzorcích [3]	16
Obr. 1.9 Princip tvorby mikrostruktur v laboratoři na UK [3]	17
Obr. 1.10 Koncept struktury vtisků [3]	18
Obr. 1.11 Příklady textur na zakřivených zkušebních vzorcích [3]	18
Obr. 1.12 a) Experimentální zařízení R-Mat2 b) zkušební vzorek [3]	19
Obr. 5.1 Návrh varianty A	23
Obr. 5.2 Návrh varianty B	23
Obr. 5.3 Deska bez výztuh	24
Obr. 5.4 Deska s výztuhami	25
Obr. 5.5 Základna posuvu	26
Obr. 5.6 Držák pod motorem	26
Obr. 6.1 Upínací přípravek	27
Obr. 6.2 Aretační posuv	28
Obr. 6.3 Aretační posuv	28
Obr. 6.4 Miniaturní kolejnicové vedení HIWIN MGW7C	29
Obr. 6.5 Sestava aretačního posuvu a upínacího přípravku	30

SEZNAM TABULEK

Tab. 4.1 Časový harmonogram	22
Tab. 5.1 Numerické hodnoty deformace bez výztuh	24
Tab. 5.2 Numerické hodnoty deformace desky s výztuhami	25
Tab. 5.3 Numerické hodnoty deformace základny posuvu	25
Tab. 5.4 Numerické hodnoty deformace držáku pod motorem	26
Tab. 6.1 Pozice upínacího přípravku	27
Tab. 6.2 Pozice aretačního posuvu	28

SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace

KOSTKA – ODPICH	4-BP2011-01
KOSTKA – MIKROMETR	4-BP2011-02
DRŽÁK POD MOTOREM	3-BP2011-03
DRŽÁK POD KULIČKOU	4-BP2011-04
ZÁKLADNA POSUVU	3-BP2011-05
POSUV POD KULIČKOU	4-BP2011-06
POSUV POD VÁLEČKEM	4-BP2011-07
PŘÍRUBA VÁLEČKU	4-BP2011-08
PŘÍRUBA POSUVU	4-BP2011-09
SESTAVA POSUVU	1-BP2011-10